Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 4, Winter. 2022, p. 377-390

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۳۹۰-۳۷۷

مقاله پژوهشی

اثر تاریخ کاشت برتجمع ماده خشک، عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.)

علیرضا خانعلیزادگان[1]، مهدی مدن دوست[2]*، فرهاد مهاجری[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف کینوا، آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در شهرستان کوار استان فارس به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از: ژنوتیپ‌های کینوا (Q_{29}، Q_{26}، Red Carina، Titicaca و $Giza_1$) و تاریخ‌های کاشت (بیست و سی بهمن و ده اسفند). اثر تیمارهای تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر عملکرد دانه، ارتفاع، وزن هزار دانه، زیست‌توده و تعداد پانیکول معنی‌دار بود. کارایی مصرف آب ژنوتیپ‌های مورد بررسی با عملکرد دانه ارتباط خطی مثبت و معنی‌دار (r^2=۰/۷۱۵) داشت و بالاترین میزان کارایی مصرف آب متعلق به ژنوتیپ $Giza_1$ در اولین تاریخ کاشت به مقدار ۱/۴ کیلوگرم دانه بر متر مکعب آب حاصل شد. تأثیر تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر آهنگ تجمع ماده خشک، سهم انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی معنی‌دار بود. ژنوتیپ Q_{29} با ۶/۱ گرم بر متر مربع در روز بالاترین میزان آهنگ تجمع ماده خشک را داشت. بالاترین سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای و کارایی آن متعلق به تاریخ کاشت اول کینوا در بیستم بهمن بود. بیشترین عملکرد دانه از کاشت ژنوتیپ Q_{26} در تاریخ کاشت بیستم بهمن به مقدار۴۰۸۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. تاخیر در کاشت در کلیه ژنوتیپ‌ها باعث کاهش عملکرد شد. باتوجه به نتایج حاصله، ژنوتیپ Q_{26} در تاریخ بیستم بهمن به‌عنوان بهترین تیمار آزمایش معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: انتقال مجدد، راندمان مصرف آب، عملکرد، کینوا، ماده خشک

مقدمه

کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) گیاهی دولپه از تیره Amaranthaceae و زیرخانواده Chenopodiaceae بومی مناطق آند قاره آمریکا است (Bhargava and Srivastava, 2013). این گیاه تحمل زیادی در برابر طیف گسترده‌ای از تنش‌های غیر زنده مانند سرما، گرما، خشکی و به‌ویژه شوری از خود نشان می‌دهد و همچنین به‌خوبی قابلیت رشد در خاک‌های حاشیه‌ای را دارد (Jacobsena *et al*., 2003). تاریخ کاشت مناسب اولین مرحله در سیستم تولید گیاهان زراعی است که منجر به افزایش مناسب تولید برای گیاهان جدید در هر منطقه می‌شود (Rauf *et al*., 2010). هشت ژنوتیپ زارعی معرفی شده کینوا در کلرادوی آمریکا مورد بررسی قرار گرفتند که میزان عملکرد آن‌ها بین ۲۰۰۰-۱۱۲۰ کیلوگرم در هکتار بود و ژنوتیپ Cahuil با وجود ارتفاع کم بوته (۱۲۹ سانتی‌متر) نسبت به بقیه ارقام بیشترین عملکرد را داشت. ژنوتیپ C0407 ژنوتیپ خیلی زودرس (۱۰۰ روز از کاشت) و دارای بیشترین میزان پروتئین با ۱۸-۱۶/۵٪ و با عملکرد مطلوب بود (Johnson and McCamant, 1988). برای تعیین بهترین تاریخ کاشت کینوا، در شرایط آب و هوای مدیترانه‌ای جنوب ایتالیا، دو ژنوتیپ به‌نام‌های KVLQ520Y و Regalona Baer در شرایط دیم بررسی شدند که تاریخ کاشت هم‌زمان با فروردین و ژنوتیپ Regalona Baer تولید محصول بیشتری داشت و نسبت به تنش‌های دمای بالا و کم آبی تحمل بیشتری داشت (Pulvento *et al*., 2010). در هندوستان بیشترین عملکرد در تاریخ کاشت هم‌زمان با ۱۳ آبان و فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر به‌دست آمد (Bhargava *et al*., 2007).

زمان کاشت گیاه در هر منطقه به شرایط اقلیمی منطقه به‌ویژه دما، رطوبت و طول روز وابسته است. زمان کاشت گیاهان زراعی بر اساس مطابقت دمای محیط با دمای مطلوب هر یک از مراحل فنولوژیک رشد و همچنین عدم مصادف شدن مراحل حساس رشد با تنش‌های محیطی تعیین می‌شود (Siadat *et al*.,2013).

بهترین دما برای جوانه‌زنی و شروع رشد و استقرار کینوا ۱۳°C-۱۷ می‌باشد. بعد از آن برای رشد رویشی به دمای ۱۵°C-۲۵ در طول

۱- دانش‌آموخته دکتری زراعت، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران
۲- دانشیار گروه زراعت، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران
۳- استادیار گروه زراعت، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email:mehdimadandoust@yahoo.com)
DOI:10.22067/jcesc.2021.70908.1052

روز و ۱۲ ساعت روشنایی نیاز دارد. برای مراحل زایشی و رسیدگی (گرده‌افشانی و پر شدن دانه) به طول روزهای کوتاه (حدود هشت ساعت) و دماهای مطلوب ۲۰-۲۵ $^{\circ}C$ نیاز است که بسته به رقم متفاوت می‌باشد (Sepahvand and Sheikh, 2011). تاریخ کاشت کینوا نیز باید طوری تنظیم شود که مرحله گرده‌افشانی دانه کینوا با دماهای بالا برخورد نداشته باشد چون در غیر این صورت منجر به اثرات جبران‌ناپذیری بر تشکیل دانه و عملکرد دانه خواهد شد. دماهای بالاتر از ۳۲ درجه سلسیوس در مرحله گرده‌افشانی باعث عقیمی دانه‌های گرده و پوکی دانه‌های پانیکول کینوا می‌شود (Bois *et al*.,2006). در تحقیقی به‌منظور تعیین بهترین تاریخ کاشت کینوا در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای جنوب ایتالیا دو رقم کینوا (KVLQ520Y و رگالونا بائر) در شرایط دیم مورد ارزیابی قرار گرفتند که ژنوتیپ رگالونا بائر در تاریخ کاشت همزمان با ۱۵ فروردین عملکرد بالاتری داشته و نسبت به تنش‌های دمای بالا و کم‌آبی تحمل بیشتری داشت (Pulvento, *et al*., 2010).

با توجه به تنوع آب و هوایی موجود در کشور و بسته به مناطق مختلف و همچنین بسته به نوع ژنوتیپ کینوا (حساسیت یا عدم حساسیت به طول روز و طول دوره رشد) تاریخ‌های کشت مختلفی در مناطق مختلف کشور به‌صورت بهاره (بهمن تا خرداد) و پاییزه (شهریور تا آبان) انجام می‌شود (Bagheri, 2018). لذا به‌دلیل تنوع اقلیمی ایران، بررسی اثر تاریخ کاشت به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر در سازگاری و افزایش عملکرد گیاهان است، بنابراین، مطالعه حاضر با هدف تعیین تاریخ کاشت مناسب کینوا در شهرستان کوار استان فارس اجرا شده و طی آن واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف کینوا به تاریخ کاشت‌های مختلف در کشت بهاره مورد بررسی قرارگرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی و تعیین مناسب‌ترین ژنوتیپ و تاریخ کاشت کینوا یک آزمایش فاکتوریل با سه تکرار در روستای مظفری در غرب شهرستان کوار واقع در استان فارس (جنوب غربی شیراز) با عرض جغرافیایی ۲۹° و ۱۹َ شمالی و طول جغرافیایی ۵۲° و ۷۸َ شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۵۸۹ متر و میانگین بارندگی بیست و سه ساله ۴۲۴ میلی‌متر، در دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ به اجرا درآمد. قبل از اجرای آزمایش از قطعه مورد نظر یک نمونه مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک تهیه و برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱). کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک ۹۰ کیلوگرم نیتروژن و ۴۰ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار به‌ترتیب از منبع کود اوره و سوپر فسفات تریپل مصرف شد. تمام کود فسفات و ۲۵٪ کود نیتروژن قبل از کاشت و در زمان آماده‌سازی زمین مصرف گردید. باقی‌مانده کود نیتروژن در زمانی که بوته‌ها ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر ارتفاع داشتند در عمق ۵ سانتی‌متری خاک و در مجاورت ریشه‌های گیاه قرار داده شد. اطلاعات داده‌های هواشناسی شهرستان کوار با اقلیم مناطق معتدل مدیترانه‌ای در قالب میانگین درجه حرارت و مجموع بارندگی ماهانه در فصول رویش گیاه از ایستگاه هواشناسی نزدیک به محل انجام آزمایش به‌دست آمد (شکل ۱).

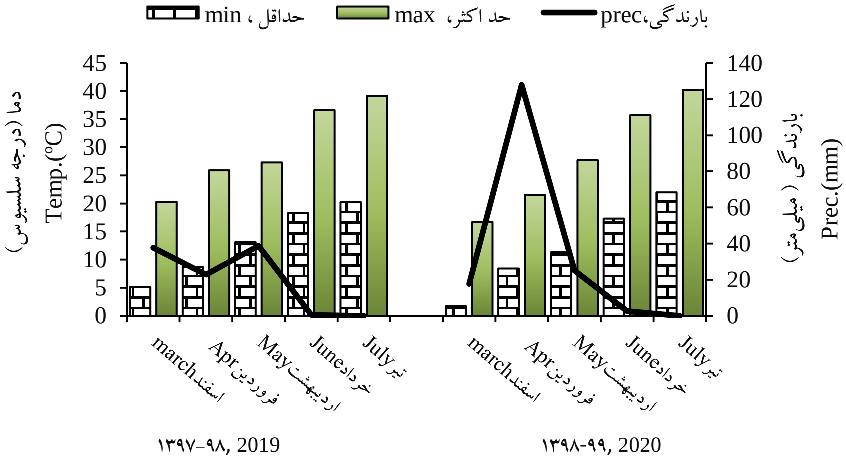
جدول ۱- نتایج تجزیه خاک در آزمایش

Table 1- Test results of soil in the experiment

Year	Clay	Silt	Sand	Cu	Mn	Zn	Fe	K	P	N	OC	pH	EC
	%			PPM						%			$dS.m^{-1}$
2019	23.3	45.1	31.6	1.52	19.85	1.53	7.4	420	13.4	0.03	0.48	7.3	5.4
2020	25.1	39.7	35.2	1.7	17.2	1.2	8.1	371	12	0.03	0.52	7.38	5.8

ژنوتیپ‌های کینوا و تاریخ کاشت دو فاکتور این آزمایش بودند. فاکتور اول پنج ژنوتیپ Q_{26}، Q_{29}، Red Carina، Titicaca و $Giza_1$ و فاکتور دوم سه تاریخ کاشت بیستم بهمن و اول اسفند و دهم اسفند در دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در سه تکرار اجرا شد. بذر ژنوتیپ‌ها با اطلاعات مندرج در جدول ۲ از شرکت مدیافت تهیه گردید. فاصله بین ردیف‌های کشت کاملینا سی سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بر این اساس لازم بود کاشت بذر به صورت دستی و پر در ردیف‌ها انجام شود و پس از سبز شدن و اطمینان از استقرار گیاهچه‌ها، بوته‌های اضافی تنک شوند (Bagheri, 2018). برای تعیین عملکرد دانه و اجزای آن دو ردیف از بوته‌های حاشیه در امتداد طول و از هرکرت نیم متر از بالا و پایین هر کرت حذف گردید و تعداد بوته‌های باقی‌مانده کرت کف بر گردید. در کلیه ژنوتیپ‌ها با مشاهده اولین علائم رسیدگی (زرد شدن ۵۰٪ خوشه‌ها) برداشت صورت گرفت (Bagheri, 2018). پس از خرمن‌کوبی و جدا کردن دانه از اندام هوایی، دانه‌ها در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت در آون خشک و سپس توزین شد و عملکرد دانه در واحد سطح بر اساس رطوبت ۱۴٪ محاسبه شد. برای تعیین تعداد سنبله در واحد سطح، قبل از برداشت نهایی از هر کرت آزمایشی با استفاده از کوادرات یک متر مربعی مشخص و تعداد سنبله‌ها شمارش شد. برای محاسبه

وزن هزار دانه تعداد ۱۰۰۰ دانه از بذور بوجاری شده هر کرت با دستگاه بذرشمار به‌طور تصادفی شمارش و با ترازوی الکتریکی با دقت یک هزارم گرم توزین گردید و از تقسیم عملکرد دانه بر وزن خشک گیاه، شاخص برداشت محاسبه شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته از هر کرت آزمایشی تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری‌های لازم انجام شد.



شکل ۱- خلاصه آمار هواشناسی در سال‌های مورد بررسی

Figure 1- Summary of meteorological data in the years under review

جدول ۲- اطلاعات ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در آزمایش (Valencia-Chamorro, 2015)

Table 2- Information of the studied genotypes in the experiment

نام ژنوتیپ Genotype name	منشأ Origin	ارتفاع (گروه) Height (group)	رنگ دانه Seed color	طول دوره رشد (گروه) Length of growth period (Group)
Q_{29}	Chile	Semidwarf	Light cream	Intermediate maturity
Q_{26}	Chile	Semidwarf	Dark cream	Intermediate maturity
Red carina	Peru	Semidwarf	Yellow	Intermediate maturity
Titicaca	Denmark	Semidwarf	Orange cream	Early maturity
$Giza_1$	Egypt	Semidwarf	Yellow	Early maturity

روش آبیاری مورد استفاده در این آزمایش از نوع قطره‌ای نواری (تیپ) بود. راندمان مصرف آب با استفاده از روابط (۱) تا (۳) محاسبه شد (Dam *et al*., 2005).

$$WUE= GY/ TWU \quad (۱)$$

GY: عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$) وTWU: کل مصرف آب (mm)

WUE: راندمان مصرف آب بر مبنای $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$است که می‌تواند با استفاده از رابطه (۲) به واحد $kg.m^{-3}$ تبدیل شود.

$$WUE\ (kg.m^{-3}) = WUE\ (kg.ha^{-1}.mm^{-1})\ /10 \quad (۲)$$

$$TWU= P+ I+ \Delta SWS \quad (۳)$$

I: مقدار آب آبیاری (mm) به کمک رابطه (۴) محاسبه شده است.

$$V = t \times Q \quad (۴)$$

t: طول مدت آبیاری (S)، Q: دبی پمپ آب ($L.S^{-1}$)

P: میزان بارش (mm)، ΔSWS (mm): تغییرات ذخیره آب در خاک در مرحله کاشت و برداشت کاملینا اندازه‌گیری شد.

ذخیره آب خاک (SWS) به کمک رابطه (۵) محاسبه شده است (Liu *et al*., 2016).

$$SWS\ (mm) = \rho b \times SWC \times D \quad (۵)$$

ρb: وزن مخصوص ظاهری خاک ($g\ dry\ soil\ cm^{-3}$)، SWC: محتوای آب خاک ($g\ water\ g^{-1}\ dry\ soil$)، D: عمق توسعه ریشه (mm)

برای اندازه‌گیری رشد و انتقال مجدد مواد از روابط (۶) تا (۹) استفاده شد.

آهنگ تجمع ماده خشک (Dry Matter Accumulation Rate) از رابطه (۶) به‌دست آمد.

$$DMAR: DM/GP \quad (۶)$$

میزان انتقال مجدد ماده خشک (Dry Matter Remobilization) از رابطه (۷) به‌دست آمد.

$$DMR = DMa – DMm \quad (۷)$$

کارایی انتقال مجدد ماده خشک (Remobilization Efficiency) از رابطه (۸) به‌دست آمد.

$$RE = (DMR/ DMa) \quad (۸)$$

و سهم انتقال مجدد ماده خشک (Remobilization Contribution) از رابطه (۹) به‌دست آمد.

$$RC = (DMR/GY) \times 100 \quad (۹)$$

DM: وزن خشک بوته (کیلوگرم در هکتار)، DMa: میزان ماده خشک بوته‌های کلیه ژنوتیپ‌ها در مرحله ۵۰٪ گلدهی (گرم در متر مربع) (برای نمونه‌گیری لازم بود ۱۵ بوته از میان هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای انتخاب شود)، DMm: میزان ماده خشک بوته به‌جز دانه در مرحله رسیدگی (گرم در متر مربع)، DMR: میزان انتقال مجدد ماده خشک اندام هوایی (گرم در متر مربع)، GY: عملکرد دانه، GP: دوره رشد (روز) (Papakosta and Gayians, 1991).

در پایان داده‌های به‌دست آمده با نرم‌افزار آماری SAS با فرض تصادفی بودن اثر سال مورد تجزیه و تحلیل مرکب قرار گرفتند و نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel ترسیم شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تغییرات تعداد روز تا مراحل مختلف فنولوژیک کینوا نشان داد که اثر سال بر این تغییرات معنی‌دار نبود و دو سال زراعی اثر یکسانی بر طول دوره رشد داشتند برهمکنش رقم در سال و تاریخ کاشت در سال نیز برای کلیه تغییرات طول دوره رشد معنی‌دار نبود. همچنین تغییرات میانگین طول دوره رشد در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول غیر معنی‌دار بود که علت آن را می‌توان به عدم تفاوت محسوس دما به‌ویژه در ابتدای فصل رشد در دو سال آزمایش و شرایط خاک نسبتاً مشابه نسبت داد که باعث سبز یکنواخت و استقرار مناسب گیاهچه‌ها در هر دو سال گشته و با انجام فتوسنتز مناسب شرایط ایده‌ال برای ایجاد یک مزرعه خوب با عملکرد بالا را ایجاد نمودند. اثر ساده و برهمکنش ژنوتیپ و تاریخ کاشت بر تغییرات زمان غنچه‌دهی، گل‌دهی و برداشت معنی‌دار بود، اما تأثیری بر طول زمان سبز شدن کینوا نداشت (جدول ۳).

ژنوتیپ Q_{26} بیشترین میانگین طول دوره رشد را در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشت (۱۱۴/۷روز تا برداشت) زودرس‌ترین ژنوتیپ در بین تیمارهای مورد بررسی ژنوتیپ Titicaca با متوسط ۱۰۱/۳ روز تا رسیدگی و اختلاف ۱۳/۵ روز با ژنوتیپ Q_{26} بود. مدت زمان لازم برای سبز شدن در ژنوتیپ‌های Q_{29} و Redcarina ۶ روز و برای سایر ژنوتیپ‌ها ۵ روز بود. بیشترین و کمترین زمان غنچه‌دهی به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های Q_{26} و Titicaca بود. کینوا از محدود گیاهانی است که تا حدی به سرما متحمل بوده و میزان تحمل به سرمای آن تا حد زیادی به دوره سرما، مرحله رشدی، واریته، رطوبت نسبی و شرایط خرد اقلیم بستگی دارد (Garcia *et al*., 2015).

تاریخ کاشت بر زمان سبز شدن کینوا تاثیری نداشت. میانگین دو ساله تاثیر تاریخ کاشت بر زمان سبز شدن کینوا نشان داد در هر سه تاریخ کاشت مورد بررسی متوسط مقدار زمان لازم تا سبز شدن ۵/۵ روز بوده است. با تاخیر در کاشت مقدار زمان مورد نیاز تا غنچه‌دهی و گل‌دهی افزایش یافت. نتایج نشان داد بیشترین طول دوره رشد متعلق به تاریخ کاشت بیستم بهمن بوده است و به‌تدریج با تاخیر در کاشت زمان رسیدگی کاهش یافت. در مجموع نتایج نشان‌دهنده بیشترین دوره رشد در ژنوتیپ Q_{26} کاشته شده در اول اسفند ماه بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده زودرس‌ترین ژنوتیپ Titicaca کاشته شده در دهم اسفند بود (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس تعداد روز تا سبز شدن، غنچه‌دهی، گل‌دهی و برداشت در ژنوتیپ و تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 3- The variance analysis of two-year compound for number of days to Emergence, Budding, Flowering and Harvesting in different genotypes and sowing dates

SOV	درجه آزادی df	سبز شدن Emergence	غنچه‌دهی Budding	گل‌دهی Flowering	برداشت Harvesting
Year (Y)	1	3.68^{ns}	2302.30^{ns}	2232.04^{ns}	7566.17^{ns}
Year× replication	4	3.81^{ns}	267.45^{ns}	615.70^{ns}	1543.62^{ns}
Genotype (G)	4	3.38^{ns}	33.96^{**}	62.04^{**}	23.05^{**}
Y× G	4	3.65^{ns}	120.40^{ns}	88.9^{ns}	116.35^{ns}
Sowing date(SD)	2	0.35^{ns}	179.28^{**}	104.81^{**}	423.46^{**}
Y× SD	2	2.06^{ns}	459.52^{ns}	31.12^{ns}	177.05^{ns}
G× SD	8	1.07^{ns}	15.03^{**}	26.27^{**}	25.81^{**}
Y× G× SD	8	0.23^{ns}	20.07^{ns}	19.74^{ns}	13.86^{ns}
Error	56	0.03	2.05	4.35	10.59
CV(%)		13.4	12.2	13.1	15.4

**و*به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، ns: غیر معنی‌دار

** and *: Significant at the 1% and 5% probability levels, respectively ns: non-significant

جدول ٤- تاثیر تاریخ کاشت بر زمان سبز شدن، غنچه‌دهی، گل‌دهی و رسیدگی در ژنوتیپ و تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 4- The effect of planting date and flowering time on the studied genotypes

		سبز شدن Growing	غنچه‌دهی Budding	گل‌دهی Flowering	برداشت Harvesting
۲۰ بهمن Feb. 10th	Q_{29}	6.50a	42fg	69c-f	111.5bc
	Q_{26}	5.00d	43ef	67efg	118.5a
	Red Carina	5.50c	40.5g	65g	107.5cd
	Titicaca	5.00d	45de	66fg	102.0ef
	$Giza_1$	5.50c	42fg	68d-g	106.0de
۱ اسفند Feb. 20th	Q_{29}	6.00b	48abc	67.5d-g	110.5bcd
	Q_{26}	4.50e	42.5fg	72abc	114.5ab
	Red Carina	6.00b	46.5bcd	70b-e	108.0cd
	Titicaca	5.00d	46cd	66fg	102.0ef
	$Giza_1$	5.00d	43ef	68d-g	107.5cd
۱۰ اسفند Mar.1st	Q_{29}	5.50c	49.5a	70.5bcd	109.0cd
	Q_{26}	5.50c	46cd	73ab	111.0bcd
	Red Carina	5.50c	46.5bcd	69.5cde	107.0cd
	Titicaca	5.00d	48.5ab	66fg	100.0f
	$Giza_1$	6.50a	46.40bcd	74.67a	109.9bcd

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌دار آماری ندارند (دانکن ۵٪).

Averages with at least one common letter in each column do not have statistically significant differences (Duncan 5%).

ارتفاع بوته و قطر ساقه

بیشترین ارتفاع گیاه از تاریخ کاشت سوم بدست آمد (۸۶/۰۳ سانتی‌متر) و کاشت در تاریخ‌های اول اسفند و دهم اسفند به‌ترتیب باعث کاهش ارتفاع گیاه به میزان ۰/۳۴ و ۱/۸٪ شد اثر ساده ژنوتیپ و تاریخ کاشت و همچنین برهمکنش آنها بر ارتفاع گیاه کینوا معنی‌دار (P<۰/۰۱) بود (جدول ۵) بالاترین و پایین‌ترین ارتفاع بوته به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های Titicaca (۹۴/۳ سانتی‌متر) و Q_{29} (۷۷/۷ سانتی‌متر) مشاهده شد.

بررسی برهمکنش ارتفاع بوته نشان داد که اثر ژنوتیپ به‌دلیل تأثیر ویژگی‌های ژنتیکی بر آن معنی‌دار بود. همچنین اثر ساده تاریخ کاشت به‌دلیل تفاوت در طول دوره رشد گیاه بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود. برهمکنش تاریخ کاشت و رقم ارتفاع گیاه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. برهمکنش تاریخ کاشت و رقم بر ارتفاع گیاه کینوا معنی‌دار (P<۰/۰۱) بود (جدول ۵) بیشترین میزان ارتفاع بوته متعلق به ژنوتیپ Q_{29} در تاریخ‌های اول اسفند و دهم اسفند بود (به‌ترتیب ۸۵/۷ و ۸۶/۰۳ سانتی‌متر) و کمترین میزان ارتفاع بوته با کاهش ۰/۵۲٪ متعلق به ژنوتیپ Titicaca کاشته شده در تاریخ بیستم بهمن بود. نتایج نشان داد در کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی تاخیر در کاشت باعث افزایش ارتفاع شده است (جدول ۶). قطر ساقه در ژنوتیپ‌های Red Carina و $Giza_1$ با متوسط ۶/۲ سانتی‌متر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در بالاترین گروه آماری قرار گرفت. کمترین قطر ساقه نیز متعلق به ژنوتیپ Q_{26} با متوسط ۳/۴ سانتی‌متر بود. تاریخ کاشت تاثیر معنی‌داری بر قطر ساقه نداشت. بیشترین قطر ساقه متعلق به تاریخ کاشت بیستم بهمن با متوسط ۵/۷ سانتی‌متر بود. بیشترین قطر ساقه متعلق به ژنوتیپ Q_{29} کاشته شده در بیستم بهمن بود. ارتفاع و قطر گیاه ضمن این‌که یک خصوصیت ژنتیکی است، شدیداً تحت تأثیر شرایط محیطی به‌خصوص دما، فتوپریود، تغذیه و عوامل مدیریتی در مزرعه قرار دارد (Bonhomme *et al*., 1991; Moadab-Shabestari *et al*.,1990).

تعداد پانیکول

تعداد پانیکول در گیاه صفتی است که نقش اساسی در تعیین عملکرد دارد (Thiry *et al*., 2002). همچنین دونالدسون و همکاران (Donaldson *et al*., 2001) گزارش کردند تعداد سنبله بارور در غلات در واحد سطح مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده عملکرد دانه محسوب می‌شود. اثر ساده ژنوتیپ بر تعداد پانیکول کینوا معنی‌دار بود و همچنین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش عوامل آزمایش قرار گرفت (P<۰/۰۱) تغییرات تاریخ کاشت نتوانست تاثیر معنی‌داری بر تعداد پانیکول داشته باشد (جدول ۵). بیشترین و کمترین تعداد پانیکول در ژنوتیپ‌های Q_{29} و Titicaca مشاهده شد (به‌ترتیب ۱۷/۲ و ۱۱/۴عدد در بوته). تعداد پانیکول در ژنوتیپ Q_{29}نسبت به ژنوتیپ-های Titicaca، Q_{26}، $Giza_1$و Red Carina و به‌ترتیب ۳۳/۷، ۲۵/۶، ۱۰/۵ و ۱۹/۹٪ بیشتر بود. بیشترین تعداد پانیکول از ژنوتیپ Q_{29} در هر سه تاریخ مورد بررسی به‌ترتیب با ۱۷/۶، ۱۶/۵ و ۱۷/۶ برای تاریخ‌های کاشت بیستم بهمن و اول اسفند و دهم اسفند بود.

وزن هزار دانه

اثر مستقل تاریخ کاشت و ژنوتیپ و همچنین برهمکنش آن‌ها

به‌طور معنی‌داری بر وزن هزار دانه معنـی‌دار بـود ($P<0/01$)، (جـدول ۵). میانگین وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی از ۳/۴۱ برای ژنوتیپ Q_{26} تا ۲/۰۹ برای ژنوتیپ Titicaca متغیر بود. این ژنوتیپ‌ها با اختلاف معنی‌دار در بالاترین و پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفتنـد. کمترین وزن هزار دانه در تاریخ‌های کاشت اول اسفند و دهم اسفند با متوسط ۲/۹ گرم به‌دست آمـد و بیشـترین وزن هـزار در تـاریخ‌هـای کاشت مورد بررسی متعلق به تاریخ کاشت بیستم بهمن بـا متوسـط ۳ گرم بود که با اختلاف معنی‌دار با سایر تاریخ‌های کاشت در بـالاترین گروه آماری قرار گرفت. بالاترین وزن هزار دانه از برهمکنش ژنوتیپ Q_{29} با متوسط ۳/۵ گرم در تاریخ کاشت بیستم بهمن بـه‌دسـت آمـد. سایر تاریخ‌های کاشت در این ژنوتیـپ در گـروه بعـدی آمـاری قـرار گرفت کمترین میزان وزن هزار دانه متعلـق بـه بـرهمکنش ژنوتیـپ Titicaca در تاریخ دهم اسفند بود (جدول ۶).

دونالدسون و همکاران (Donaldson *et al*., 2001) دریافتند که وزن دانه صفتی ژنتیکی است که تحت تأثیر شرایط محیطی و طـول دوره پرشدن دانه قرار می‌گیرد. در بررسی حاضـر بـا تـاخیر در تـاریخ کاشت و افزایش طول دوره رشد وزن هزار دانـه افـزایش یافـت وزن هزار دانه کینوا به‌شدت تحت تاثیر درجه حرارت در زمان گلدهی می-باشد. صالحی و همکاران (Salehi, *et al*., 2019) دریافتنـد افـزایش ده درجه‌ای دما در طول دوره پر شدن دانـه باعـث کـاهش ۱/۴ گـرم وزن هزار دانه کینوا می‌شود.

سبحان و همکاران (Subhan *et al*., 2004) در مطالعه اثر تاریخ کاشت بر گندم (*Triticum aestivum* L.) گزارش کردند کـه تـأخیر در تاریخ کاشت گندم بیشترین اثـر را در میـان اجـزای عملکـرد روی وزن هزار دانه گندم دارد. بنابراین مـی‌تـوان نتیجـه گرفـت تـأخیر در تاریخ کاشت باعث کاهش وزن هزار دانه می‌شود.

عملکرد و وزن خشک گیاه زراعی

بیشترین میزان وزن خشک گیاه کینوا متعلق به ژنوتیـپ Q_{29} بـه میزان ۱۰۹۹۰/۹ کیلوگرم در هکتار بود که با اختلاف معنی‌دار نسـبت به سایر ژنوتیپ‌ها در بالاترین گروه آماری قـرار گرفـت. وزن خشـک گیاه زراعی در ژنوتیپ‌هـای Red Carina، Q_{26}، Titicaca و $Giza_1$ به‌ترتیب ۱۹/۶۸، ۲۱/۳۶، ۳۱/۳۵ و ۳۵/۶۶٪ کاهش نسبت به ژنوتیپ برتر (Q_{29}) در گروه‌های بعدی آماری قرار گرفتند. نتایج جدول تجزیـه واریانس نشان داد که تاریخ کاشـت بـر وزن خشـک کینـوا در سـطح احتمال ۰/۰۵ تأثیر معنـی‌داری داشـت ولـی بـین میـانگین‌هـای وزن خشک حاصل از تاریخ‌های مختلف کاشت بـر اسـاس آزمـون دانکـن اخـتلاف معنـی‌داری در سـطح احتمـال ۰/۰۵ نشـان داده نشـد. وزن خشک ژنوتیپ به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار نگرفـت و بیشترین مقدار را در بین تیمارهای مورد بررسـی داشـت (جـداول ۳ و ۴).

بیشترین میزان عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسـی متعلـق به Q_{26} و Q_{29} با متوسط به‌ترتیب ۳۷۱۰ و ۳۴۹۰ کیلـوگرم در هکتـار بـود. ژنوتیـپ‌هـای Red Carina، $Giza_1$ و Titicaca بـه‌ترتیـب بـا متوسط عملکرد ۲۶۴۶/۲، ۲۶۰۵/۱ و ۲۱۷۷/۸ کیلـوگرم در هکتـار در گروه‌هـای بعـدی عملکـرد قـرار گرفتنـد. متوسـط عملکـرد دانـه در تاریخ‌های کاشت اول و دوم بـدون اخـتلاف معنـی‌دار در یـک گـروه آماری قرار گرفت (به‌ترتیب ۳۲۳۶/۹ و ۲۹۷۵/۲ کیلـوگرم در هکتـار) میانگین دما در زمان گلدهی بـرای تـاریخ کاشـت‌هـای برتـر از نظـر عملکرد نشان‌دهنده حساسیت گیاه به درجه حرارت‌های بالا در زمـان گلدهی می‌باشد. بیشـترین عملکـرد از بـرهمکنش تـاریخ کاشـت ۲۰ بهمن و ژنوتیپ Q_{26} به‌دست آمد در کلیه ژنوتیپ‌هـای مـورد بررسـی بهترین عملکرد از تاریخ کاشت ۱۰ اسفند به‌دست آمد.

شاخص برداشت

اثر ساده و برهمکنش تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر شاخص برداشـت معنی‌دار شد ($P<0/01$) (جدول ۵). میانگین‌های شاخص برداشت نیـز در ژنوتیپ‌ها و تاریخ‌های کاشت مورد بررسی بر اساس آزمون دانکـن اختلاف معنی‌دار نشان داد. Q_{26} بیشترین شاخص برداشـت را در بـین ژنوتیـپ‌هـای مـورد بررسـی داشـت (۴۴/۶۴٪) و بیشـترین شـاخص برداشت نیز از تاریخ کاشت اول به‌دست آمـد (جـدول ۶). ژنوتیـپ‌هـا دامنه شاخص برداشت از ۲۸/۸۱ تا ۴۲/۷۳٪ داشتند و دامنـه شـاخص برداشت از تاریخ کاشت اول تا سوم از ۳۱/۶۹ تـا ۳۶/۷۹٪ در نوسـان بود. شاخص برداشت یک پارامتر عالی برای ارزیابی توزیع ماده خشک و کارایی گیاهان برای تجمع ترکیبات است. بیشتر ژنوتیـپ‌هـا نشـان دادند که در تقسـیم مـاده خشـک و جـذب آن‌هـا از رانـدمان بـالایی برخوردار هستند زیـرا شـاخص برداشـت آن‌هـا از حـدود ۴۰ تـا ۷۰٪ به‌دست آمد که نشان دهنده بازده بـالای ایـن ژنوتیـپ‌هـا مـی‌باشـد (Bertero *et al*., 2004). بیشترین شاخص برداشت از ژنوتیپ Q_{26} در تاریخ کاشت ۲۰ بهمن به‌دست آمد (جدول ۶).

کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب نسبت عملکرد محصول به‌مقـدار آب برداشـت شده و بـرای رشـد محصـول اسـت. مقـادیر رانـدمان مصـرف آب در ژنوتیپ‌ها، تاریخ‌های کاشت و برهمکنش آن‌ها نشان داده شده اسـت. نتایج نشان داد که در هر یک از ژنوتیپ‌هـا بـا تـاخیر در کاشـت کـارایی مصرف آب کاهش پیـدا مـی‌کنـد (جـداول ۴ و ۵). کمتـرین کـارایی مصرف آب متعلق به تیمار تاریخ کاشت بیستم اسفند بود که نسبت به کارایی مصرف آب در تاریخ کاشت بیستم بهمن ۲۰/۴٪ کاهش یافت. ژنوتیپ‌های Titicaca و $Giza_1$ بهترین کارایی مصرف آب را در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشتند.

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب دو ساله برای ارتفاع گیاه، سطح برگ، قطر ساقه، تعداد پانیکول، وزن هزار دانه، وزن خشک گیاه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، کارایی مصرف آب، آهنگ تجمع ماده خشک، سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای و کارایی انتقال مجدد در ژنوتیپ و تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 5- The variance analysis of two-year compound for Plant Height (PH),Stem Diameter (SD), Panicles no (Pan no). 1000-grain weight (TGW) Plant Dry Weight (PDW), Grain Yield (GY), Harvest Index (HI),Water Use Efficiency (WUE) Dry Matter Accumulation Rate (DMAR), Remobilization Contribution (RC) and Remobilization Efficiency (RE) in different genotypes and sowing dates

S.O.V	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	تعداد پانیکول	وزن هزار دانه	وزن خشک گیاه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	کارایی مصرف آب	آهنگ تجمع ماده خشک	سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای	کارایی انتقال مجدد
	df	PH	SD	Pan no	TGW	PDW	GY	HI	WUE	DMAR	RC	RE
Year (Y)	1	211.6^{ns}	11.5^{ns}	184.9^{ns}	6.45^{ns}	2410809.84^{ns}	2658623^{ns}	0.28^{ns}	0.30^{ns}	4.05^{ns}	17.99^{ns}	0.03^{ns}
Year× replication	4	58.6^{ns}	17.3^{ns}	22.1^{ns}	0.01^{ns}	2160936.54^{ns}	750592^{ns}	6.54^{ns}	0.08^{ns}	18.14^{ns}	1219.69^{ns}	0.08^{ns}
Genotype (G)	4	647.1^{**}	25.4^{**}	92.2^{**}	4.53**	41475401.25^{**}	7541909^{**}	570.34^{**}	0.84^{**}	542.09^{**}	4926.35^{**}	0.42^{**}
Y× G	4	5.9^{ns}	0.2^{ns}	1.0^{ns}	0.04^{ns}	981059.92^{ns}	162570^{ns}	0.28^{ns}	0.02^{ns}	13.65^{ns}	704.10^{ns}	0.01^{ns}
Sowing date (SD)	2	21.7^{**}	1.0^{**}	1.5^{ns}	0.05**	7267514.71^{**}	3425990^{ns}	195.19^{**}	0.38^{**}	37.72^{**}	258.16^{**}	0.11^{**}
Y× SD	2	7.5^{ns}	0.01^{ns}	0.02^{ns}	0.01^{ns}	664809.98^{ns}	1830629^{ns}	0.28^{ns}	0.20^{ns}	119.03^{ns}	620.87^{ns}	0.00^{ns}
G× SD	8	21.2^{**}	0.4^{**}	2.7^{**}	0.03**	568138.72^{ns}	67907^{**}	7.29^{*}	0.01^{ns}	14.43^{**}	730.22^{**}	0.02^{**}
Y× G× SD	8	0.001^{ns}	0.01^{ns}	0.02^{ns}	0.01^{ns}	1492560.07^{ns}	34412^{ns}	0.28^{ns}	0.01^{ns}	1.37^{ns}	18.76^{ns}	0.00^{ns}
Error	56	0.7	0.01	1.2	0.00	999593.75	37690	3.19	0.01	6.43	108.61	0.01
CV(%)		19.6	14.2	7.7	15.6	11.6	16.6	5.2	16.5	5.0	19.7	22.5

**و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵٪، ns: غیر معنی‌دار

** and *: Significant at the 1% and 5% probability levels, respectively ns: non-significant

هیریچ و همکاران (Hirich *et al.*, 2020) نیز گزارش کردند که ارقام مختلف کینوا و در شرایط متفاوت تـنش آبـی واکـنش یکسـانی ندارند و در نتیجه کارایی مصرف آب در ارقام نیز متفاوت خواهد بـود. رابطه بین کارایی مصرف آب و طول دوره رشد در آزمایش انجام شده مثبت و معنی‌دار بود و با افزایش طول دوره رشد کـارایی مصـرف آب افزایش یافت (شکل ۲).

صفات مربوط به انتقال مواد

در هر یک از صفات آهنگ تجمع ماده خشک، سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای و کارایی انتقال مجدد مواد اثر ژنوتیپ، تاریخ کاشـت و برهمکنش آن‌ها معنی‌دار بود. اثر مسـتقل سـال و بـرهمکنش آن بـا هریک از فاکتورهای اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود (جدول ۵).

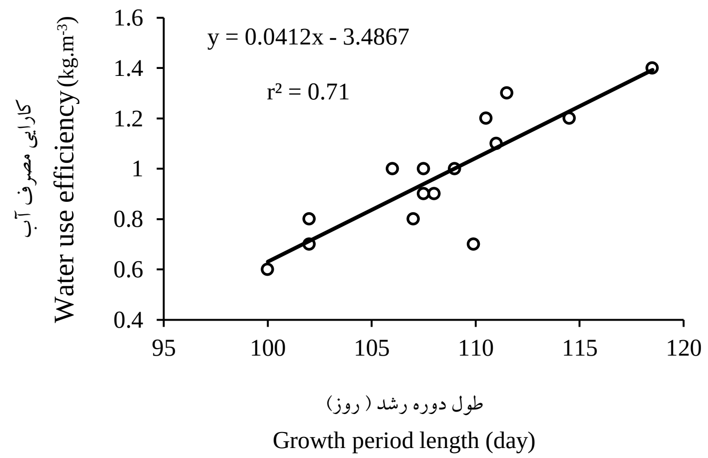
جدول ٦- مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ و تاریخ کاشت در برخی از خصوصیات کینوا

Table 6- Comparison of genotype and planting date interaction in two years on some characteristics of quinoa

تیمارها Treatments		ارتفاع گیاه PH (cm)	قطر ساقه SD (cm)	تعداد پانیکول Pan no	وزن هزار دانه TGW (g)	عملکرد دانه GY (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت HI (%)	کارایی مصرف آب WUE (kg.m^{-3})
Q_{29}	Feb. 10th	79.2g	6.46e	17.6a	3.2d	3848.0ab	36.71d	0.8hi
	Feb. 20th	76.7h	6.14e	16.5ab	3.1f	3497.5c	32.78e	0.7ijk
	Mar.1st	77.2h	5.40e	17.6a	3.2e	3127.0de	30.32efg	0.6k
Q_{26}	Feb. 10th	81.3f	6.50de	15.1bcd	3.5a	4079.7a	44.64a	1.0fg
	Feb. 20th	84.8de	6.07bc	15.1bcd	3.4b	3692.2bc	42.35ab	0.9gh
	Mar.1st	85.3ce	6.07cd	16.2abc	3.3c	3360.3cd	41.20b	0.8hij
Red Carina	Feb. 10th	84.5e	6.40bc	14.3cd	3.1f	2881.4ef	31.30ef	1.0fg
	Feb. 20th	85.0de	6.18bc	14.3cd	3.1f	2679.2fg	30.40efg	0.9g
	Mar.1st	84.5e	5.97cd	13.2de	3.1f	2378.0gh	28.10gh	0.7jk
Titicaca	Feb. 10th	90.5b	5.59a	11.8ef	2.1i	2406.7gh	31.34ef	1.3ab
	Feb. 20th	96.0a	5.69ab	11.8ef	2.2h	2226.6hi	28.58fgh	1.2cd
	Mar.1st	96.5a	5.69a	10.7f	2.0j	1900.0i	26.52h	1.0ef
$Giza_1$	Feb. 10th	86.7c	3.45cd	13.2de	3.0g	2968.5ef	39.96bc	1.4a
	Feb. 20th	86.2cd	3.33bc	13.2de	3.1f	2780.5f	37.62cd	1.2bc
	Mar.1st	86.7c	3.44cd	12.1ef	3.0g	2066.4hi	32.31e	1.1de

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌دار ندارند (دانکن ۵٪).

Averages with at least one common letter in each column do not have a statistically significant differences (Duncan 5%).



شکل ۲- رابطه کارایی مصرف آب و طول دوره رشد

Figure 2- Correlation of water use efficiency and growth period length

تاثیر تاریخ کاشت بر آهنگ تجمع ماده خشک معنی‌دار بود هر چند که مقدار ماده خشک تولیدی در تاریخ کاشت سوم کمترین میزان را داشت اما به‌نظر می‌رسد با افزایش دما رشد گیاه در تاریخ کاشت سوم افزایش یافته و در نتیجه با توجه به کاهش طول دوره رشد در تاریخ کاشت سوم تاخیر در کاشت باعث افزایش آهنگ تجمع ماده خشک در گیاه شد. بالاترین آهنگ تجمع ماده خشک متعلق به ژنوتیپ Q_{29}بود. این ژنوتیپ با دارا بودن طول دوره رشد و وزن خشک بالا در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در بالاترین گروه قرار گرفت (جدول ۷). این نتایج نشان داد تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر آهنگ تجمع ماده خشک در گیاه دارد این نتایج با بررسی بهشتی و بهبودی (Beheshti and Behboodi fard, 2010) مطابقت دارد. بر اساس نتایج به‌دست آمده بیشترین سطح آهنگ تجمع ماده خشک متعلق به ژنوتیپ Q_{29} در تاریخ کاشت سوم بود (شکل ۳).

اثر تاریخ کاشت بر سهم انتقال مجدد و تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۵). همچنین برهمکنش تاریخ کاشت و ژنوتیپ در سطح P<۰/۰۱ معنی‌دار شد. بررسی برهمکنش فاکتورها نشان داد که بیشترین مقدار صفت سهم انتقال مجدد در هر سه تاریخ کاشت متعلق به ژنوتیپ Q_{26} بود براساس این نتایج کمترین سهم انتقال مجدد به ژنوتیپ Q_{29}اختصاص داشت (شکل ۳).

جدول ۷- آهنگ تجمع ماده خشک، سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای و کارایی انتقال مجدد در ژنوتیپ‌ها و تاریخ‌های مختلف کشت

Table 7- Dry Matter Accumulation Rate (DMAR), Remobilization Contribution (RC) and Remobilization Efficiency (RE) in different genotypes and cultivation dates

	تیمار Treatments	وزن خشک گیاه Plant dry weight (g)	آهنگ تجمع ماده خشک DMAR ($g.m^{-2}.day^{-1}$)	سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای RC (%)	کارایی انتقال مجدد مواد RE
ژنوتیپ Genotypes	Q_{29}	10990.9a	5.81a	31.81c	0.23c
	Q_{26}	8643.7b	4.42c	74.72a	0.59a
	Red Carina	8827.5b	5.20b	45.11bc	0.25bc
	Titicaca	7545.2b	5.23b	49.70bc	0.24bc
	$Giza_1$	7071.8b	4.64c	63.04ab	0.38ab
تاریخ کاشت Sowing date	Feb. 10^{th}	9078.7a	4.94c	56.23a	0.40a
	Feb. 20^{th}	8670.0a	5.06b	51.61b	0.34b
	Mar.1^{st}	8098.8a	5.17a	50.79b	0.28c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌دار ندارند (دانکن ۵٪).

Averages with at least one common letter in each column do not have statistically significant differences (Duncan 5%).

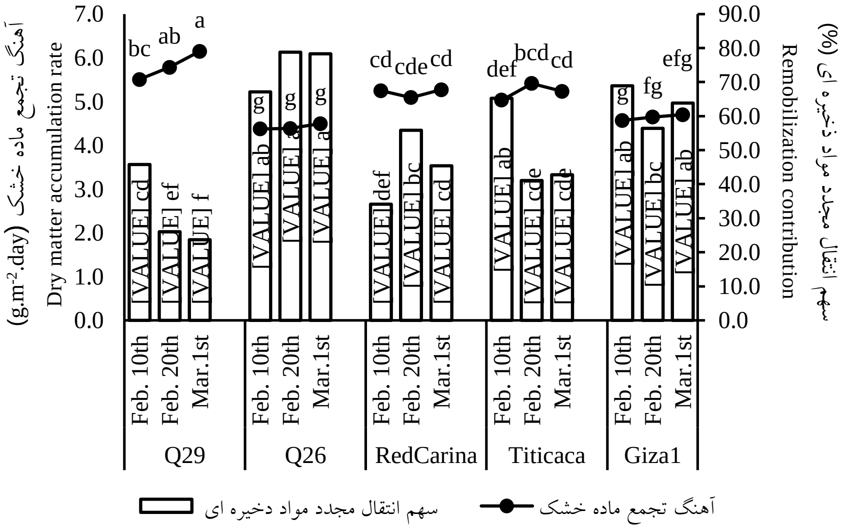
سهم انتقال مجدد از نسبت میزان انتقال مجدد به عملکرد دانه به‌دست می‌آید که در این بررسی اگرچه افزایش تاریخ کاشت باعث افزایش عملکرد و وزن دانه شد ولی اثر تاخیر در کاشت بر وزن خشک اندام‌های رویشی و توسعه اندام‌های رویشی بیشتر بوده است لذا ذخیره فتوسنتزی در اندام‌های رویشی و نهایتاً انتقال مجدد افزایش بیشتری دارد و باعث افزایش نسبت انتقال مجدد بر عملکرد دانه (سهم توزیع و انتقال مجدد) در تاریخ کاشت اول شده است. سهم انتقال مجدد در ژنوتیپ Q_{26} با وزن خشک بالای این ژنوتیپ در مرحله گرده‌افشانی مرتبط بود که این نتایج با یافته‌های آکریچ و همکاران (Acrech *et al*., 2008) مشابه بود. حرکت مواد فتوسنتزی از مبدأ به مقصد یا محل‌های مصرف مبتنی بر تولید مواد فتوسنتزی مبدأ از یک طرف و ظرفیت مقصد از طرف دیگر است که در صورت عدم تعادل بین آن‌ها عملکرد کاهش می‌یابد. هنگامی که قدرت مبدأ در تولید مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد سهم ترکیباتی که مجدداً به حرکت درآمده و به دانه منتقل می‌شوند افزایش می‌یابد، لذا در این بررسی کاشت زودتر گیاه نقش مهمی در بالا رفتن سهم انتقال مجدد در تأمین مواد فتوسنتزی دانه داشته است.

تاخیر در کاشت و به تبع آن کاهش طول دوره رشد باعث کاهش منابع پرورده حاصل از فتوسنتز در گیاه می‌شود. انتقال مجدد قندهای محلول در گیاه معمولاً زمانی آغاز می‌شود که فتوسنتز جاری برگ‌ها قادر به تامین نیاز مقاصد فعال گیاه نباشد و به دنبال آن گیاه ناچار به استفاده از ذخایر خود می‌شود (Mojtabaie Zamani *et al*., 2013).

اثر ساده تاریخ کاشت و ژنوتیپ و برهمکنش آن‌ها در سطح P<۰/۰۱ و بر کارایی انتقال مجدد اثر معنی‌دار داشته است (جدول ۵). بیشترین میزان کارایی انتقال مجدد مواد متعلق به ژنوتیپ Q_{26} بود که با تاخیر در کاشت کارایی انتقال مجدد کاهش یافت (۳۰٪ از تاریخ کاشت اول تا سوم) مقدار ماده خشک تولید شده در مرحله گرده‌افشانی عامل مهمی در انتقال مجدد ماده خشک به دانه می‌باشد (شکل ۴). به‌طوری‌که به نظر می‌رسد با افزایش مقدار ماده خشک در این مرحله، انتقال مجدد ماده خشک، عامل مهمی در پر کردن دانه باشد. تغییرات ژنتیکی در ارقام و همچنین شرایط مساعد محیطی و طول دوره رشد تا گرده‌افشانی باعث شد تا ژنوتیپ Q_{26} در تاریخ‌های کاشت اول و دوم بیشترین میزان انتقال مجدد را داشته باشد. روند تغییرات کارایی انتقال مجدد مواد در اثر تاریخ کاشت کاهشی بود. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ‌های Q_{29} و

Red Carina به‌ترتیب بالاترین و پایین‌ترین درصد کاهش را در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشتند.

بحرانی و طهماسبی سروستانی (Bahrani and Tahmasebi Sarvestani, 2007) نیز بیان داشتند خصوصیت ژنتیکی ارقام نقش مهمی در کارایی انتقال مجدد دارند. تاخیر در کاشت و طول دوره رویش کوتاه‌تر کاهش ذخایر فتوسنتزی در اندام‌های رویشی را به‌دنبال داشت. به‌طورکلی، کاهش ذخایر فتوسنتزی راندمان توزیع را کاهش خواهد داد.

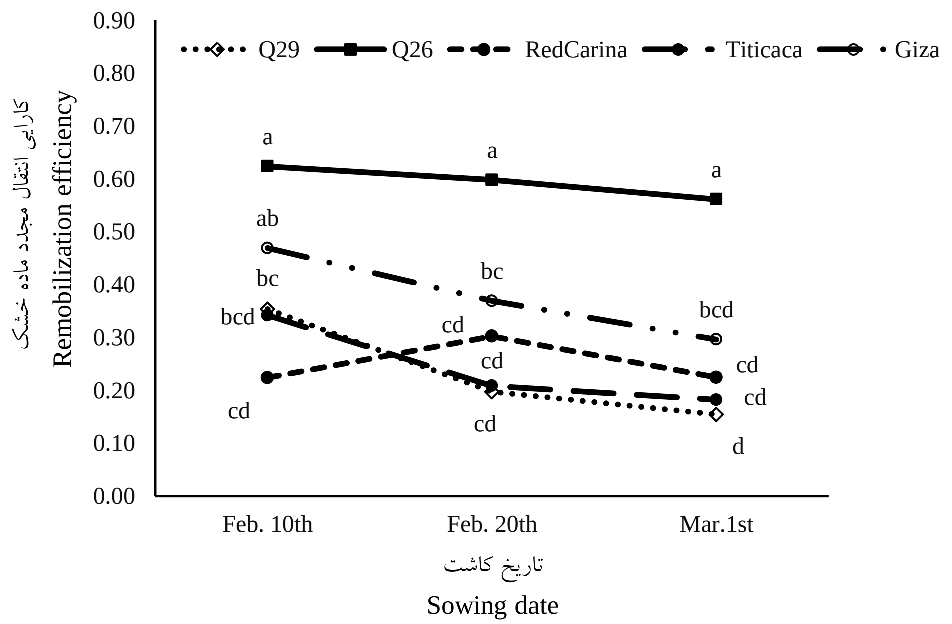


شکل ۳- سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای و آهنگ تجمع ماده خشک ژنوتیپ‌های کینوا در تاریخ‌های مختلف کاشت

Figure 3- Remobilization contribution and Dry matter accumulation rate of quinoa genotypes in the different planting dates

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر نمودار اختلاف معنی‌دار آماری ندارند (دانکن ۵٪).

Averages with at least one common letter in each graph type do not have statistically significant differences (Duncan 5%).



شکل ٤- کارایی انتقال مجدد ژنوتیپ‌های کینوا در تاریخ‌های مختلف کاشت

Figure 4- Remobilization efficiency of quinoa genotypes in the different planting dates

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر نمودار اختلاف معنی‌دار آماری ندارند (دانکن ۵٪).

Averages with at least one common do not have statistically significant differences (Duncan 5%).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تاخیر در کاشت کینوا موجب کاهش طول دوره رشد آن شده و انتقال مجدد مواد پرورده به دانه را کاهش می‌دهد. بیشترین میزان کارایی انتقال مجدد مواد پرورده متعلق به ژنوتیپ Q_{26} بود که با تاخیر در کاشت، کارایی انتقال مجدد آن کاهش یافت ولی ژنوتیپ Q_{29} با ۶/۱ گرم بر مترمربع در روز بالاترین میزان آهنگ تجمع ماده خشک را داشت. ژنوتیپ‌ها با تأثیر بر اجزای عملکرد دانه بر عملکرد کینوا تأثیر به‌سزایی داشتند. از بین اجزای عملکرد نقش تعداد پانیکول کینوا بر افزایش عملکرد چشم‌گیر بود و از بین ژنوتیپ‌های کینوا نقش ژنوتیپ Q_{29} و Q_{26} بر افزایش عملکرد دانه متفاوت بود. تأخیر در تاریخ کاشت کینوا به ۱۰ اسفند بر وزن هزاردانه، زیست‌توده و تعداد پانیکول کینوا تأثیر منفی داشت ولی بیشترین ارتفاع بوته که متعلق به ژنوتیپ Titicaca بوده در تاریخ کاشت‌های سی بهمن و ده اسفند به‌دست آمد. بیشترین وزن هزار دانه در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی متعلق به ژنوتیپ Q_{26} بود که در تاریخ کاشت بیستم بهمن به‌دست آمد. کارایی مصرف آب ژنوتیپ‌های مورد بررسی با عملکرد ارتباط خطی مستقیم و معنی‌دار (r^2=۰/۷۱۵) داشت و بالاترین میزان کارایی مصرف آب متعلق به ژنوتیپ $Giza_1$ در اولین تاریخ کاشت به مقدار ۱/۴ کیلوگرم دانه بر متر مکعب آب حاصل شد. بیشترین عملکرد دانه از کاشت ژنوتیپ Q_{26} در تاریخ کاشت بیستم بهمن به مقدار ۴۰۸۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. تاخیر در کاشت در کلیه ژنوتیپ‌ها باعث کاهش عملکرد شد ولی اثر سال‌های آزمایش بر آن معنی‌دار نشد. باتوجه به نتایج حاصله از این آزمایش کاشت ژنوتیپ Q_{26} در تاریخ بیستم بهمن به‌عنوان بهترین تیمار این آزمایش برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد دانه بود.

References

1. Acrech, M.M., Briceno-Felix, G., Martin Sanchez, J.A., and Salfer, G.A. 2008. Physiological bases of genetic gains in Mediterranean bread wheat yield in Spain. European Journal of Agronomy 28: 162-170.
2. Bahrani, A., and Tahmasebi Sarvestani, A. 2007. Effect of rate and times of nitrogen application on accumulation and remobilization efficiency of flag leaf in two wheat cultivars. Journal of Water and Soil Science 11 (40):147-155.
3. Bagheri, M. 2018. Handbook of quinoa cultivation. Seed and Plant Improvement Institute Press 55 P.
4. Beheshti, A.R., and Behboodi fard, B. 2010. Dry matter accumulation and remobilization in grain sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench) under drought stress. Australian Journal of Crop Science 4 (3): 185-189.
5. Bertero, H.D., De la Vega, A.J., Correa, G., Jacobsen, S.E., and Mujica, A. 2004. Genotype and genotype by environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. Field Crops Research 89: 299-318.
6. Bhargava, A., and Srivastava, S. 2013. Quinoa Botany, Production and Uses. CABI press. 262 P.
7. Bhargava, A., Sudhir, S.H., and Deepak, O. 2007. Effect of sowing date and row spacing on yield and quality components of quinoa (*Chenopodium quinoa*) leaves. Indian Journal of Agricultural Sciences 77 (11): 12-24.
8. Bois, J.F., Winkel, T., Lhomme, J.P., Raffaillac, J.P., and Rocheteau, A. 2006. Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature: Effects of germination, phenology, growth and freezing. European Journal of Agronomy 25: 299-308.
9. Bonhomme, R. Derieux, M. Kiniry, J.R. Edmeades, G.O., and Ozier-Lafontaine, H. 1991. Maize leaf number sensitivity in relation to photoperiod in multi-location field trials. Agronomy Journal 83: 153-157.
10. Dam, R.F., Mehdi, B.B., Burgess, M.S.E., Madramootoo, C.A., Mehuys, G.R., and Callum, I.R. 2005. Soil bulk density and crop yield under eleven consecutive years of corn with different tillage and residue practices in a sandy loam soil in central Canada. Soil and Tillage Research 84: 41-53.
11. Donaldson, E., Schillinger, F.W., and Dofing, S.M. 2001. Straw production and grain yield in relationships winter wheat. Crop Science 46: 100-106.
12. Garcia, M., Condori, B., and Castillo, C.D. 2015. Agroecological and agronomic cultural practices of quinoa in South America. In: Murphy, K., Matanguihan J. (eds.), Quinoa: Improvement and Sustainable Production. John Wiley & Sons, Inc. pp. 25-46.
13. Gardner, W.H. 1986. Water content. In: Klute A, editor. Methods of soil analysis, part 1-physical and mineralogical methods. Soil Science Society of America, Inc. Madison. pp. 493-544.
14. Hirich, A., Choukr-Allah, J. S., El Yousfi, L., and El Omari, H. 2012. Using deficit irrigation with treated wastewater in the production of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Morocco. Rev. Cient. UDO Agric. 12: 570-583.
15. Jacobsena, S.E, Mujicab, A., and Jensenc, C.R. 2003. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. Food Reviews International 19 (2): 99-109.
16. Johnson, D.L., and McCamantm, J. 1988. Quinoa Research and Development, Annual Report. Sierra Blanca

Associates, 2560 S. Jackson, Denver, CO 80210.
17. Liu, Y., Zhao, W., Zhang, X., and Fang, X. 2016. Soil water storage changes within deep profiles under introduced shrubs during the growing season: evidence from semiarid Loess Plateau, China. Water 8 (10).
18. Moadab- Shabestari, M., Mojtahedi, M., and Dahi, M.R. 1990. Crop physiology. Shiraz University. 431 pp. (in Persian).
19. Mojtabaie Zamani, M., Nabipour M., and Meskarbashee, M. 2013. Evaluation of stem soluble carbohydrate accumulation and remobilization in spring bread wheat genotypes under terminal heat stress conditions in Ahwaz in Iran. Iranian Journal of Crop Sciences 15 (3): 277-294. (in Persian).
20. Papakosta, D., and Gagianas, A. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agronomy Journal 83: 864-870.
21. Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., Dandria, R., Iafelice, G., and Marconi, E. 2010. Field trail evaluation of two Chenopodium quinoa genotypes grown under rain-fed conditions in a typical Mediterranean environment in south Italy. Journal of Agronomy and Crop Science 196 (6): 407-411.
22. Rauf, S., Khan, A.A., Desilva, T., and Naveed, A. 2010. Consequences of plant breeding on genetic diversity. International Journal of Plant Breeding and Genetics 4: 1-21.
23. Salehi, M., Sultani, V., and Dehghani, F. 2019. The effect of sowing date on the phenological stages and yield of quinoa seeds in saline conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences 12 (3): 923-932. (in Persian).
24. Sepahvand, N. A., and Sheikh. F. 2011. Familiarity with the new Quinoa plant. National Conference on Natural Products and Medicinal Plants. 4-5 Oct. Bojnourd. (in Persian with English abstract).
25. Siadat, S.A., Modhej, A., and Esfahani, M. 2013. Cereals Production. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (in Persian).
26. Subhan, F., Khan, M., and Jamro, G.H. 2004. Effect of different planting date, seeding rate and weed control method on grain yield and yield components in wheat. Sarhad Journal of Agriculture 20 (1): 51-55.
27. Thiry, D.E., Sears, R.G., Shroyer, J.P., and Paulsen, G.M. 2002. Planting date effects on tiller development and productivity of wheat. Kansas State University.
28. Valencia-Chamorro, S.A. 2015. Quinoa: Overview. Encyclopedia of Food Grains, p.341.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 4, Winter. 2022, p. 377-390

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۳۹۰-۳۷۷

Effect of Sowing Date on Dry Matter Accumulation, Yield and Yield Components of Different Genotypes of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

A. Khanalizadegan[1], M. Madandoust[2*], F. Mohajeri[3]

Received: 13-06-2021
Accepted: 23-10-2021

Introduction

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) is a dicotyledonous plant that belongs to family Amaranthaceae and subfamily Chenopodiaceae, native to the Andes of the Americas. Due to the climatic diversity of Iran, one of the notable cases is the study of planting history as the most important factor in adapting and increasing plant yield; therefore, this study was conducted to determine the optimum sowing date of quinoa in Kavar (city of Fars province). In that experiment, the yield response and the yield components of different cultivars of quinoa were examined in relation to the different sowing dates in spring cultivation.

Materials and Methods

In order to study and determine the most suitable genotype and sowing date of Quinoa, a factorial experiment was conducted with three replications in Kavar, Fars, Iran. Experimental treatments included five quinoa genotypes (Q_{29}, Q_{26}, Red Carina, Titicaca, and Giza1) on the three dates of February 10 and 20, and March 1, in the two years of 2018 and 2019.Each experimental plot consisted of five rows, five m in length and 30 cm apart. Seeds were sown at a density of 67 seeds.m^{-2}. Plants in the three center rows (three m long) in each plot were used for the measurements of the yield of the grain and its components. To determine the number of panicles per unit area, before the final harvest, count half a meter in each experimental plot, specific quadrants was used to count the number of panicles. To calculate the weight: each thousand seeds (1000 seeds) of the seeded seeds were randomly counted with each seed counting machine and weighed with an electric scale (with an accuracy of one thousandth of a gram), And from the division of grain yield to biological yield, the harvest index was calculated. To measure the height of the plant from each experimental plot, 10 plants were randomly selected and the necessary measurements were performed. Water use efficiency (WUE) in the plant was calculated from the division of grain yield to amount of water used. The growth and Efficiency and contribution of materials remobilization were measured too.

Results and Discussion

The present results showed that sowing date and genotype had a significant effect on grain yield, plant height, and 1000 grain weight, biomass and number of panicles. The most plant height belonged to the Titicaca genotype on the second and third sowing dates. Q_{26} had the highest 1000 grain weight among the studied genotypes and was obtained on February 10 sowing date. The relationship between WUE and yield was linear regression in different genotypes positively and significantly (r^2= 0.715) and the highest WUE belonged to $Giza_1$ genotype on February 10 (1.4 kg.m^{-3}). The effect of sowing date and genotype on dry matter accumulation rate, remobilization contribution and remobilization efficiency of photosynthetic materials were significant. Q_{29} genotype had the highest rate of dry matter accumulation (6.1 g.m^{-2}.day^{-1}). The highest remobilization contribution of stored materials and their efficiency belonged to the sowing of quinoa on February 10. The highest grain yield was obtained in Q_{26} genotype on February 10 of 4080kg.ha^{-1}. Delayed sowing reduced yields in all genotypes.

1- Ph.D graduate of Agronomy, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran
2- Associate Professorof Agronomy Department, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran
3- Assistant Professor of Agronomy Department, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran
(*- Corresponding Author Email: mehdimadandoust@yahoo.com)
DOI:10.22067/jcesc.2021.70908.1052

Conclusion

The highest yields were obtained from Q_{29} and Q_{26} genotypes. The highest yield of these genotypes was on February 10. Also, the delay in sowing seed yield was reduced. The results of this study showed that the genotypes studied in the spring cultivation conditions had different with yield potential. Accordingly, the most optimum sowing date in terms of grain yield under climatic conditions of Kavar region in this study was planting at tenth and twentieth of February.

Keywords: Dry matter, Quinoa, Remobilization, WUE, Yield